

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000268329 A**

(43) Date of publication of application: **29.09.00**

(51) Int. Cl.

**G11B 5/39**  
**G11B 5/31**

(21) Application number: **11067842**

(22) Date of filing: **15.03.99**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**NAKA YASUHIRO**  
**DOI HIROAKI**  
**EZAWA YOSHITAKA**  
**NISHIGAKI ICHIRO**  
**IMANAKA RITSU**  
**KOYANAGI HIROAKI**  
**NAKAMURA YUKI**

(54) **COMPOSITE THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND  
MAGNETIC DISK APPARATUS**

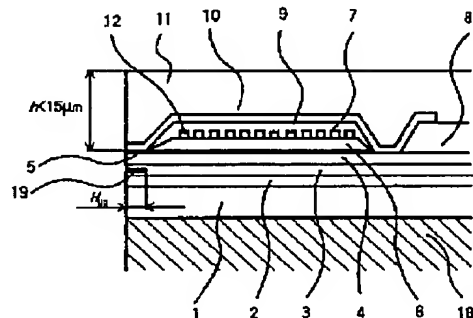
recording medium is at 200 to 300  $\mu\text{m}$  and whose  
film thickness is at 10 to 20  $\mu\text{m}$ .

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a composite thin-film magnetic head by which a magnetic recording signal is reproduced satisfactorily, which reduces the generation of a waveform distortion, a noise or the like and whose reliability is high, and to obtain a magnetic disk apparatus.

SOLUTION: This composite thin-film magnetic head is provided with a base material 1, a magnetoresistance effect head in which a magnetoresistance effect sensor 19 is installed, inductive heads 6, 7, 9, 10 which are constituted by laminating thin films on the upper part of the head, and a protective film 11. And also, the magnetic head is provided with a magnetoresistance effect sensor 19 whose length as a direction perpendicular to a face facing a recording medium is at 0.5 to 1  $\mu\text{m}$ , and protective film 11 whose length as a direction perpendicular to the face facing the



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-268329

(P 2000-268329 A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000. 9. 29)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テ-マ-ド (参考)

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

5D033

5/31

5/31

K 5D034

H

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-67842

(22) 出願日 平成11年3月15日 (1999. 3. 15)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中 康弘

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 土居 博昭

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

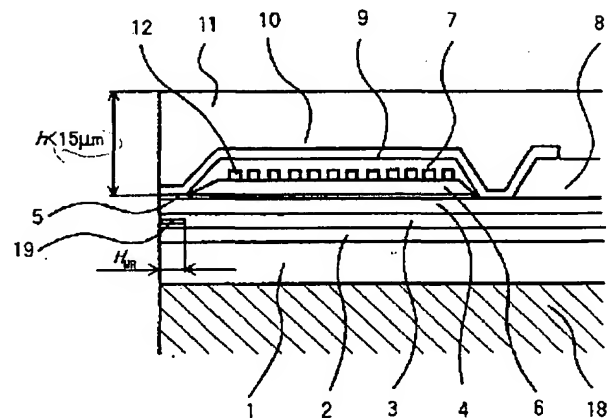
(54) 【発明の名称】 複合型薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 磁気記録信号の再生が良好で波形ひずみやノイズ等の発生を低減を図った信頼性の高い複合型薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置を得る。

【解決手段】 ベース材 1 と磁気抵抗効果センサ 19 が設けられた磁気抵抗効果型ヘッドとその上部に薄膜を積層することにより構成されたインダクティブヘッド 6、7、9、10 と保護膜 11 を有する複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが  $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$  とされた磁気抵抗効果センサ 19 と、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが  $200 \sim 300 \mu\text{m}$ 、その膜厚が  $10 \sim 20 \mu\text{m}$  とされた保護膜 11 とを備える。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ベース材と磁気抵抗効果センサが設けられた磁気抵抗効果型ヘッドと該磁気抵抗効果型ヘッドの上部に薄膜を積層することにより構成されたインダクティブヘッドと該インダクティブヘッドを保護する保護膜を有する複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 0.5～1  $\mu\text{m}$  とされた前記磁気抵抗効果センサと、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 200～300  $\mu\text{m}$ 、その膜厚が 10～20  $\mu\text{m}$  とされた前記保護膜とを備えたことを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のものにおいて、前記保護膜がアルミナとされたことを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 ベース材と磁気抵抗効果センサが設けられた磁気抵抗効果型ヘッドと該磁気抵抗効果型ヘッドの上部に薄膜を積層することにより構成されたインダクティブヘッドとを有する複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが略 1  $\mu\text{m}$  とされた前記磁気抵抗効果センサと、前記インダクティブヘッドを保護し、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが略 300  $\mu\text{m}$ 、その膜厚が 10～20  $\mu\text{m}$  とされた前記保護膜とを備えたことを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 円盤状の記録媒体と、前記記録媒体の記録面に対向して磁気信号の記録、再生を行う複合型薄膜磁気ヘッドとを有する磁気ディスク装置において、前記複合型薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドとなり、前記記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 0.5～1  $\mu\text{m}$  とされた磁気抵抗効果センサと、前記複合型薄膜磁気ヘッドの記録ヘッドとなり、その厚さが 9～12  $\mu\text{m}$  とされたインダクティブヘッドと、前記インダクティブヘッドを保護し、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 200～300  $\mu\text{m}$ 、その膜厚が 10～20  $\mu\text{m}$  とされた保護膜とを備えたことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のものにおいて、前記保護膜がアルミナとされたことを特徴とする磁気ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、記録をコイルの電磁誘導を利用したインダクティブヘッドで行い、再生を磁気抵抗効果型ヘッドで行う複合型の薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置に関し、特に信頼性を高めるのに好適である。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、薄膜磁気ヘッドの保護膜の内部応力を全体として 0 にして、反りのないヘッド素子基板を

形成し磁気特性を向上させるために、圧縮の真性応力を持つアルミナと、引張りの真性応力を持つシリコンを交互に複数回積層することが知られ、例えば特開平 5-012625 号公報に記載されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術では、種類の違う膜を交互に複数回積層するので、大変な工数がかかるばかりでなく、再生を磁気抵抗効果型ヘッドで行う複合型の薄膜磁気ヘッドの場合、磁気記録信号の再生エラーやノイズ等が発生し、信頼性を損なう恐れがあった。

【0004】 本発明の目的は上記課題を解決し、磁気記録信号の再生が良好で波形ひずみやノイズ等の発生の低減を図った信頼性の高い複合型薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明はベース材と磁気抵抗効果センサが設けられた磁気抵抗効果型ヘッドと該磁気抵抗効果型ヘッドの上部に薄膜を積層することにより構成されたインダクティブヘッドと該インダクティブヘッドを保護する保護膜を有する複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 0.5～1  $\mu\text{m}$  とされた磁気抵抗効果センサと、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが 200～300  $\mu\text{m}$ 、その膜厚が 10～20  $\mu\text{m}$  とされた保護膜とを備えたものである。

【0006】 これにより、インダクティブヘッドを充分保護すると共に、保護膜の真性応力を小さくできるので磁気抵抗効果型ヘッドの磁気特性への影響を無視できるようになり、磁気記録信号の再生エラーやノイズなどの発生を低減して信頼性を向上することができる。

【0007】 また、上記のものにおいて、保護膜をアルミナとすることが望ましい。

【0008】 さらに、本発明はベース材と磁気抵抗効果センサが設けられた磁気抵抗効果型ヘッドと該磁気抵抗効果型ヘッドの上部に薄膜を積層することにより構成されたインダクティブヘッドとを有する複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが略 1  $\mu\text{m}$  とされた磁気抵抗効果センサと、インダクティブヘッドを保護し、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが略 300  $\mu\text{m}$ 、その膜厚が 10～20  $\mu\text{m}$  とされた保護膜とを備えたものである。

【0009】 これにより、磁気抵抗効果型ヘッドを構成する磁気抵抗効果センサを略 1  $\mu\text{m}$  としているので、充分大きな出力が得られるとともに、インダクティブヘッドを保護し、磁気抵抗効果型ヘッドへの応力の影響を小さくできる。

【0010】 さらに、本発明は円盤状の記録媒体と、前

記録媒体の記録面に対向して磁気信号の記録、再生を行う複合型薄膜磁気ヘッドとを有する磁気ディスク装置において、複合型薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドとなり、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ とされた磁気抵抗効果センサと、複合型薄膜磁気ヘッドの記録ヘッドとなり、その厚さが $9 \sim 12 \mu\text{m}$ とされたインダクティブヘッドと、インダクティブヘッドを保護し、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さが $200 \sim 300 \mu\text{m}$ 、その膜厚が $10 \sim 20 \mu\text{m}$ とされた保護膜とを備えたものである。

【0011】さらに、上記のものにおいて、保護膜をアルミナとすることが望ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態を図を参照して説明する。近年、磁気ディスク装置の高記録密度化にともなって、磁気記録を記録媒体に記録、再生する磁気ヘッドには薄膜磁気ヘッドが使われるようになり、特に最近では、記録をコイルの電磁誘導を利用したインダクティブヘッドで行い、再生を外部磁界により電流を流したときの抵抗値が変化する磁気抵抗（MR）効果（巨大磁気抵抗（GMR）効果も含む）を示す素子を利用した磁気抵抗効果型ヘッドで行う複合型磁気ヘッドが使われるようになってきている。

【0013】複合型磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果を利用して、記録媒体に書き込まれた磁気信号を読み取っているが、この読み取りを行う際に、再生波形がひずんだり、バルクハウゼンノイズと呼ばれるようなノイズが発生したりして、再生エラーを起こす場合がある。そして、この原因の一つとして、MR効果を示す素子（MR薄膜）への応力の影響が挙げられる。これは、磁歪定数 $l$ が非ゼロ（ $l \neq 0$ ）の膜の場合、応力が存在すると応力誘起の磁気異方性エネルギー $K_u$ が発生し、MR薄膜内の磁化の方向に影響し、磁気特性が変化し、その結果、波形ひずみ、ノイズの発生を引き起こすものと考えられる。応力誘起磁気異方性エネルギー $K_u$ は、一軸の応力 $\sigma$ の場合、

$$K_u = 3/2 l \sigma \quad (1) \quad \text{と表せる。}$$

一般的な3軸の応力状態の場合では、膜面内の主応力の差（ $\sigma_1 - \sigma_2$ ）が影響し、主応力差ゼロ（ $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$ ）の場合、 $K_u = 0$ となる。しかし、実験や複合型磁気ヘッドを模擬した3次元モデルによる有限要素法解析の結果、MR薄膜内に主応力差が生じていることがわかり、これが波形ひずみやノイズ発生を引き起こす原因のひとつである。

【0014】主応力差発生メカニズムは、以下のようである。複合型磁気ヘッドは多数の薄膜により構成されているが、それらヘッドを構成する膜を保護する目的で、保護膜がつけられている。この保護膜は通常、他の膜と比較して厚くつけられているが、圧縮の真性応力を持っている。この圧縮の真性応力により、ヘッド全

体には曲げの力が加わり、MR膜には膜厚方向に圧縮の力が加わる。その結果MR膜は、膜厚方向と垂直な方向に膨張しようとするが、記録媒体と相対する面は自由面になっているため、この面と垂直な方向には比較的自由に膨張する。しかし、この面と平行な方向には電極等があるため、MR膜はその変形が拘束されて、圧縮の力が働く。よって、記録媒体と相対する面に垂直な方向の応力と、この面に平行な方向の応力とに差が生じ、主応力差となる。

10 【0015】保護膜の真性応力により、MR薄膜に生じる主応力差は、以下のように計算できる。保護膜を図2のような厚さ $h$ 、幅 $b$ 、長さ $2l$ のはりと考え、そのはりの曲げによる力の伝達を考える。ここで $2l$ は、記録媒体と相対する面に垂直な方向の、保護膜の長さである。このはりをヘッドから分離して単体に保持した場合の曲げを考え、はりの下面の長さ方向の変位が拘束されたとすると、圧縮の真性応力 $\sigma$ を持つはりは、図3のような応力分布になり、図2に示すように最大たわみ $d$ の曲げを生じて平衡状態となる。この曲げを生じるのに必要なモーメント $M$ は、材料力学の公式から、

$$M = (b h^2 / 6) |\sigma| \quad (2) \quad \text{となる。}$$

このモーメント $M$ による最大たわみ $d$ は、次の二つの式より求められる。

$$M = E I / \rho \quad (3)$$

ここで、 $E$ はヤング率、 $I$ は断面2次モーメント（ $= b h^3 / 12$ ）、 $r$ は曲率半径である。

$$\delta = l^2 / 2 \rho \quad (4)$$

実際には、この曲げがヘッド全体で拘束されているため、MRの薄膜には厚さ方向の荷重 $F$ が加わる。 $F$ は、たわみ $d$ を0に戻すのに必要な集中荷重 $F$ と等価（向きは逆）である。これは、図4のような片端固定のはりで、最大たわみ $d$ を生じる自由端への集中荷重 $F$ に等しい。 $F$ は次式のように求められる。

$$F = (2 E I / l^3) \delta \quad (5)$$

この $F$ がMR薄膜に加わっていると考え、MR薄膜に生じる厚さ方向の応力 $\sigma_3$ が計算できる。MR薄膜の幅（トラック幅）を $b$ とし、長さ（又はMR高さ）を $H_{MR}$ とすると、

$$\sigma_3 = F / b H_{MR} \quad (6)$$

である。この $\sigma_3$ の作用により記録媒体と相対する面（自由面）に垂直な方向に加わる応力 $\sigma_1$ を0とすると、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ と垂直な方向の応力 $\sigma_2$ は、

$$\sigma_2 = \nu \sigma_3 \quad (7)$$

となる。ただし、 $\nu$ はポアソン比である。ここで、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ は共に圧縮応力であり、負の値をとる。（2）～（7）式より、MR薄膜に生じる主応力差は、次式のように求めることができる。

$$\sigma_1 - \sigma_2 = (h^2 / 4 l H_{MR}) \nu |\sigma| \quad (8)$$

保護膜の圧縮の真性応力は、実測したところ $\sigma = \text{約} 80 \text{ MPa}$ であった。そこで、（8）式から求められる主応力差

を大きめに見積もって安全側の評価をするために、 $\sigma$ をやや大きめに見積もって、 $\sigma=100\text{MPa}$ と設定する。一般に、保護膜の材料にはアルミナが使用されるが、材料がアルミナであれば、これ以上大きくなることはなく、望ましい。

【0016】ヘッドの寸法を  $2l=300\text{mm}$ 、 $H_{MR}=1\text{mm}$ とし、保護膜の厚さ  $h$  を  $h=50\text{mm}$  とすれば標準的な記録再生特性が得られる。この場合、保護膜をアルミナとすればアルミナのポアソン比  $\nu$  は  $\nu=0.25$  なので、(8)式より主応力差を計算すると、 $\sigma_1 - \sigma_2 = 104\text{MPa}$  とな

る。  
【0017】図11は、 $\sigma_1 - \sigma_2 = 245, 135, 0$  の3種の主応力差を負荷しながら、出力  $dV$  と外部磁界  $H$  の関係  $dV-H$  特性を測定した結果である。 $\sigma_1 - \sigma_2 = 245, 135\text{MPa}$  のときに  $dV-H$  特性に図のようなヒステリシスが現れている。このヒステリシスは磁気記録信号の再生エラーにつながる波形ひずみやノイズ等の発生となる。したがって、 $135\text{MPa}$  に近い  $\sigma_1 - \sigma_2 = 104\text{MPa}$  の主応力差が存在する上記のヘッドでは、波形ひずみやノイズ等が発生する恐れがある。

【0018】主応力差の磁気特性への影響が無視できるようにするには、主応力差を  $\sigma_1 - \sigma_2 < 10\text{MPa}$  程度の小さな値にする必要があり、

$$(h^2/4lH_{MR})\nu|\sigma| < 10 \quad (9)$$

を満たす程度に保護膜の厚さ  $h$  を設定することが良い。

【0019】図5は磁気ディスク装置を示し、スピンドルモータ16により回転する記録媒体17に対し、サーボ13、アクチュエータ14により駆動するヘッド支持バネ15の先端に記録媒体17に対向するように装着された薄膜磁気ヘッド23が記録媒体17の円盤面上を走行しながら磁気信号の記録、再生を行う。

【0020】薄膜磁気ヘッドのうち、再生は磁気抵抗効果を利用して行う磁気抵抗効果型ヘッドを用い、記録はコイルの電磁誘導を利用して行うインダクティブヘッドを用いる薄膜磁気ヘッドを複合型薄膜磁気ヘッド（又は複合型磁気ヘッド）と呼ぶ。

【0021】薄膜磁気ヘッド23の外観を図6に示し、薄膜磁気ヘッド23は、基板18に多数の薄膜がスパッタリングなどにより積層されている。磁気抵抗効果センサ19が現れている面が、記録媒体17と対向して磁気信号の記録、再生を行う面で、以下浮上面と呼ぶ。浮上面に垂直な基板上の一面（以下ヘッド素子パターン面と呼ぶ。）に磁気抵抗効果センサ19を含む多数の薄膜を積層される磁気抵抗効果型ヘッドが形成され、さらにこの磁気抵抗効果型ヘッドに上部磁性膜9を含む多数の薄膜を積層して構成されるインダクティブヘッドが積層され、このインダクティブヘッドに保護膜11が積層されている。

【0022】ヘッド素子パターン面外観を図7に示し、浮上面のセンサ部分近傍の外観を図8に、さらにセンサ部分近傍を拡大図を図9に示す。図7において、線分A-

Bによる断面を拡大した図が図1である。セラミックスの基板18のヘッド素子パターンが形成される面にアルミナのベース材1が厚さ約  $10\text{mm}$  形成され、これにNi系合金の下部シールド2が  $1\sim 2\text{mm}$ 、アルミナの絶縁膜3が約  $0.5\text{mm}$ 、Ni系合金の上部シールド4が  $2\sim 3\text{mm}$ 、アルミナのギャップ膜5が約  $0.5\text{mm}$ 、レジスト材のコイル絶縁膜6、7、8が各々  $3\sim 4\text{mm}$ 、Cuのコイル導体12が約  $3\text{mm}$ 、FeNiの上部磁性膜9が  $3\sim 4\text{mm}$  などが積層されている。下部シールド2と上部シールド4に挟まれて、NiFeなど数  $\text{nm}$  ～数  $10\text{nm}$  の薄膜からなる再生用の磁気抵抗効果センサ19を設ける。上部シールド4と上部磁性膜9を含めて、上部シールド4と上部磁性膜9に挟まれる部分が記録用のインダクティブヘッド、下部シールド2と上部シールド4を含めて、下部シールド2と上部シールド4に挟まれる部分が再生用の磁気抵抗効果型ヘッドである。最外層にアルミナの保護膜11が前述の(9)式を満たすように形成される。

【0023】ヘッドの寸法を  $2l=300\text{mm}$ 、 $H_{MR}=1\text{mm}$  とし、保護膜をアルミナとすれば、(9)より保護膜の厚さ  $h$  を  $15\text{mm}$  以下とすれば良いことが分かり、磁気特性及びインダクティブヘッドの保護も考慮すると、磁気抵抗効果センサの記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さを  $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 、記録媒体に対向する面に対して垂直な方向となる長さを  $200\sim 300\mu\text{m}$  として保護膜の膜厚を  $10\sim 20\mu\text{m}$  とすることが良い。

【0024】さらに、例えば  $2l=200\text{mm}$  以下、 $H_{MR}=0.5\text{mm}$  と小型化すれば(9)式より、保護膜の厚さを  $9\text{mm}$  程度、 $8\sim 10\text{mm}$  とすることが望ましい。

【0025】また、保護膜の膜面が平らでなく、膜厚さが一様でない場合は、図10のように保護膜の厚さが最も厚いところで、保護膜の厚さ  $h$  を定義すれば良い。

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、磁気抵抗効果センサの長さを  $0.5\sim 1\mu\text{m}$  とし、保護膜の長さを  $200\sim 300\mu\text{m}$ 、その膜厚を  $10\sim 20\mu\text{m}$  としたので、ヘッドを充分保護すると共に、磁気抵抗効果型ヘッドの磁気特性への影響を小さくでき、磁気記録信号の再生エラーやノイズなどの発生を低減して信頼性を向上することができる。

【0027】また、本発明によれば、磁気抵抗効果センサの長さを略  $1\mu\text{m}$  とし、保護膜の長さを略  $300\mu\text{m}$ 、その膜厚が  $10\sim 20\mu\text{m}$  としたので、充分大きな出力が得られるとともに、インダクティブヘッドを保護し、磁気抵抗効果型ヘッドへの応力の影響を小さくできる。

【0028】さらに、本発明によれば複合型薄膜磁気ヘッドの再生ヘッドとなる磁気抵抗効果センサの長さを  $0.5\sim 1\mu\text{m}$  とし、記録ヘッドはその厚さが  $9\sim 12\mu\text{m}$  とし、保護膜の長さを  $200\sim 300\mu\text{m}$ 、その膜厚が  $10\sim 20\mu\text{m}$  としているので、磁気記録信号の再

生エラーやノイズなどの発生が低減された磁気ディスク装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態による複合型薄膜磁気ヘッドの断面図。

【図2】 厚さ $h$ 、幅 $b$ 、長さ $2l$ のはりの曲げを示す図。

【図3】 モーメント $M$ で曲げたときの応力状態を示す図。

【図4】 自由端への集中荷重 $F$ による片端固定はりの曲げの状態を示す図。

【図5】 本発明の一実施の形態に係る磁気ディスク装置の構造図。

【図6】 本発明の一実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドを示す斜視図。

【図7】 本発明の一実施の形態に係るヘッド素子パタ

ーン面を示す側面図。

【図8】 本発明の一実施の形態に係る浮上面のセンサ部分を示す正面図。

【図9】 図8のセンサ部分の部分拡大図。

【図10】 本発明の他の実施の形態による複合型薄膜磁気ヘッドの断面図。

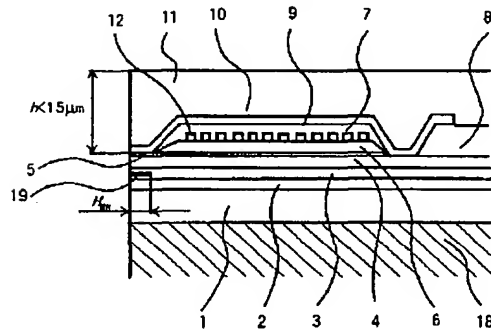
【図11】 主応力差ごとの外部磁界と出力特性示すグラフ。

【符号の説明】

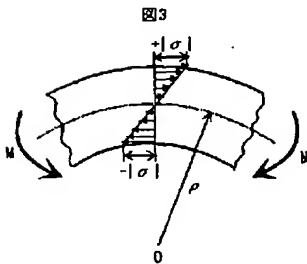
10 1…ベース材、2…下部シールド、3…絶縁膜、4…上部シールド、5…ギャップ膜、6、7、8…コイル絶縁膜、9…上部磁性膜、10…はく離抑止膜、11…保護膜、12…コイル導体、13…サーボ、14…アクチュエータ、15…ヘッド支持パネ、16…スピンドルモータ、17…記録媒体、18…基板、19…磁気抵抗効果センサ。

【図1】

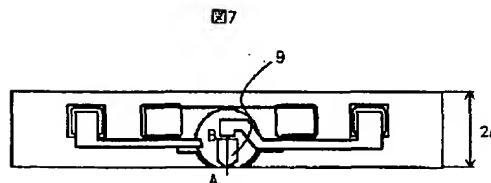
図1



【図3】

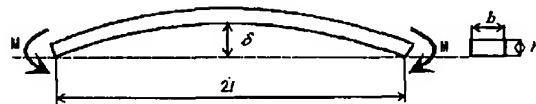


【図7】



【図2】

図2

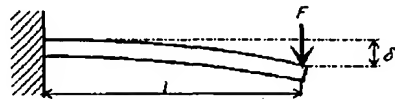


【図5】

図5

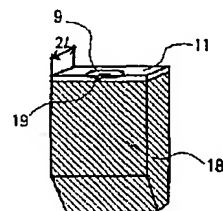
【図4】

図4



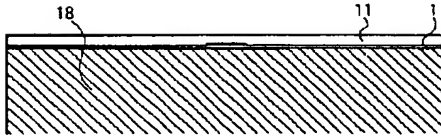
【図6】

図6



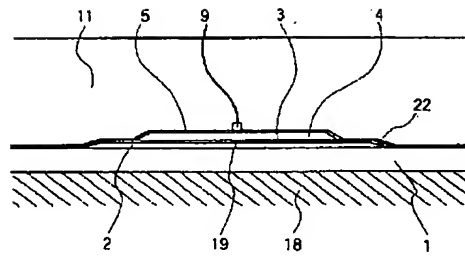
【図8】

図8



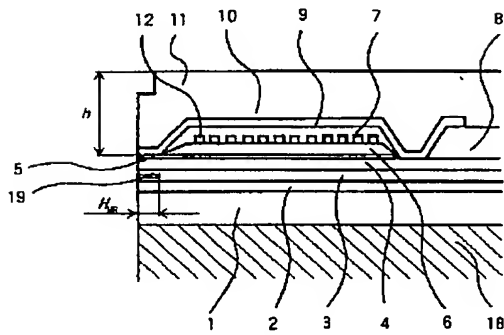
【図9】

図9



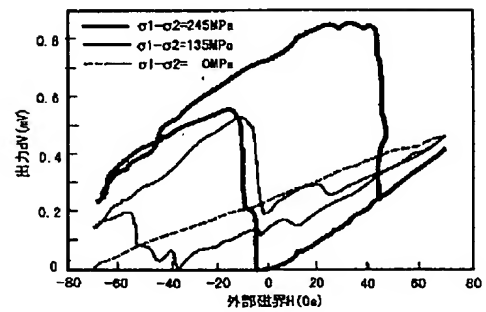
【図10】

図10



【図11】

図11



フロントページの続き

(72)発明者 江澤 良孝  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 西垣 一郎  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 今中 律  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 小柳 広明  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 中村 雄喜  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会社日立製作所ストレージシステム事業部内

Fターム(参考) 5D033 AA02 BA62 BB43  
5D034 BA03 BB09 BB12 BB20 CA04

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-268329

(43)Date of publication of application : 29.09.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

G11B 5/31

(21)Application number : 11-067842

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 15.03.1999

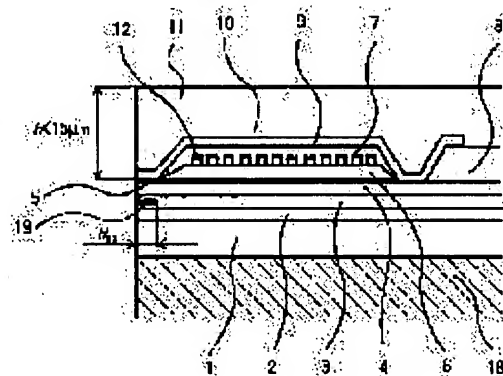
(72)Inventor : NAKA YASUHIRO  
DOI HIROAKI  
EZAWA YOSHITAKA  
NISHIGAKI ICHIRO  
IMANAKA RITSU  
KOYANAGI HIROAKI  
NAKAMURA YUKI

## (54) COMPOSITE THIN-FILM MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISK APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a composite thin-film magnetic head by which a magnetic recording signal is reproduced satisfactorily, which reduces the generation of a waveform distortion, a noise or the like and whose reliability is high, and to obtain a magnetic disk apparatus.

**SOLUTION:** This composite thin-film magnetic head is provided with a base material 1, a magnetoresistance effect head in which a magnetoresistance effect sensor 19 is installed, inductive heads 6, 7, 9, 10 which are constituted by laminating thin films on the upper part of the head, and a protective film 11. And also, the magnetic head is provided with a magnetoresistance effect sensor 19 whose length as a direction perpendicular to a face facing a recording medium is at 0.5 to 1  $\mu\text{m}$ , and protective film 11 whose length as a direction perpendicular to the face facing the recording medium is at 200 to 300  $\mu\text{m}$  and whose film thickness is at 10 to 20  $\mu\text{m}$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The compound-die thin film magnetic head which has the protective coat which protects the inductive head constituted by carrying out the laminating of the thin film to the upper part of the base material characterized by providing the following, the magnetoresistance-effect type head in which the magnetoresistance-effect sensor was formed, and this magnetoresistance-effect type head, and this inductive head. The aforementioned magnetoresistance-effect sensor by which length which serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium was set to 0.5-1 micrometer. The aforementioned protective coat by which length which serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium was set to 200-300 micrometers, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[Claim 2] The compound-die thin film magnetic head characterized by using the aforementioned protective coat as an alumina in a thing according to claim 1.

[Claim 3] The compound-die thin film magnetic head which has the inductive head constituted by carrying out the laminating of the thin film to the upper part of the base material characterized by providing the following, the magnetoresistance-effect type head in which the magnetoresistance-effect sensor was formed, and this magnetoresistance-effect type head. The aforementioned magnetoresistance-effect sensor by which length which serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium was considered as 1 micrometer of abbreviation. The aforementioned protective coat by which length which serves as a perpendicular direction to the field which protects the aforementioned inductive head and counters a record medium was considered as 300 micrometers of abbreviation, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[Claim 4] The magnetic disk unit which has the record medium of the shape of a disk characterized by providing the following, and the compound-die thin film magnetic head which counters the recording surface of the aforementioned record medium and performs record of a magnetic signal, and reproduction. The magnetoresistance-effect sensor by which length which serves as the reproducing head of the aforementioned compound-die thin film magnetic head, and serves as a perpendicular direction to the field which counters the aforementioned record medium was set to 0.5-1 micrometer. The inductive head with which it became the recording head of the aforementioned compound-die thin film magnetic head, and the thickness was set to 9-12 micrometers. The protective coat by which length which serves as a perpendicular direction to the field which protects the aforementioned inductive head and counters a record medium was set to 200-300 micrometers, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[Claim 5] The magnetic disk unit characterized by using the aforementioned protective coat as an alumina in a thing according to claim 4.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is suitable to raise especially reliability about the thin film magnetic head and the magnetic disk unit of a compound die which are reproduced with a magnetoresistance-effect type head by the inductive head using the electromagnetic induction of a coil performing record.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to set internal stress of the protective coat of the thin film magnetic head to 0 as a whole, to form a head element substrate without curvature and to raise magnetic properties conventionally, carrying out the multiple-times laminating of an alumina with compressive intrinsic stress and the silicon with the intrinsic stress of tension by turns is known, for example, it is indicated by JP,5-012625,A.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the above-mentioned conventional technology, since the multiple-times laminating of the film with which a kind is different was carried out by turns, a serious man day not only starts, but in the case of the thin film magnetic head of the compound die which performs reproduction with a magnetoresistance-effect type head, a reproduction error, a noise, etc. of a magnetic-recording signal occurred, and there was a possibility of spoiling reliability.

[0004] The purpose of this invention solves the above-mentioned technical problem, and reproduction of a magnetic-recording signal is good and is to offer the reliable compound-die thin film magnetic head and the reliable magnetic disk unit aiming at reduction of generating, such as waveform distortion and a noise.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, In the compound-die thin film magnetic head which has the protective coat which protects the inductive head constituted when this invention carried out the laminating of the thin film to the upper part of base material, the magnetoresistance-effect type head in which the magnetoresistance-effect sensor was formed, and this magnetoresistance-effect type head, and this inductive head It has the protective coat by which length from which the length which serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium serves as a perpendicular direction to the magnetoresistance-effect sensor set to 0.5-1 micrometer and the field which counters a record medium was set to 200-300 micrometers, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[0006] Since intrinsic stress of a protective coat can be made small by this while protecting an inductive head enough, the influence of the magnetic properties on a magnetoresistance-effect type head can be disregarded, generating of the reproduction error of a magnetic-recording signal, a noise, etc. can be reduced, and reliability can be improved.

[0007] Moreover, in the above-mentioned thing, it is desirable to use a protective coat as an alumina.

[0008] Furthermore, this invention is set to the compound-die thin film magnetic head which has the inductive head constituted by carrying out the laminating of the thin film to the upper part of base material, the magnetoresistance-effect type head in which the magnetoresistance-effect sensor was formed, and this magnetoresistance-effect type head. The magnetoresistance-effect sensor by which length which serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium was considered as 1 micrometer of abbreviation, It has the protective coat by which length which serves as a perpendicular direction to the field which protects an inductive head and counters a record medium was considered as 300 micrometers of abbreviation, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[0009] Since the magnetoresistance-effect sensor which constitutes a magnetoresistance-effect type head is considered as 1 micrometer of abbreviation by this, while a sufficiently big output is obtained, an inductive head is protected and influence of the stress to a magnetoresistance-effect type head can be made small.

[0010] Furthermore, this invention is set to the magnetic disk unit which has a disk-like record medium and the

compound-die thin film magnetic head which counters the recording surface of the aforementioned record medium and performs record of a magnetic signal, and reproduction. The magnetoresistance-effect sensor by which length which serves as the reproducing head of the compound-die thin film magnetic head, and serves as a perpendicular direction to the field which counters a record medium was set to 0.5-1 micrometer, The inductive head with which it became the recording head of the compound-die thin film magnetic head, and the thickness was set to 9-12 micrometers, It has the protective coat by which length which serves as a perpendicular direction to the field which protects an inductive head and counters a record medium was set to 200-300 micrometers, and the thickness was set to 10-20 micrometers.

[0011] Furthermore, in the above-mentioned thing, it is desirable to use a protective coat as an alumina.

[0012]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the form of 1 operation of this invention is explained with reference to drawing. It follows on high recording density-ization of a magnetic disk unit, and the thin film magnetic head comes to be used for the magnetic head which records magnetic recording on a record medium and is reproduced in recent years. especially recently The inductive head using the electromagnetic induction of a coil performs record. The compound-die magnetic head performed with the magnetoresistance-effect type head using the element which shows the magnetic-reluctance (MR) effect (the huge magnetic-reluctance (GMR) effect is also included) that the resistance when passing current by the external magnetic field changes reproduction is used increasingly.

[0013] Although the magnetic signal written in the record medium is read in the compound-die magnetic head using the magnetoresistance effect, in case this reading is performed, a reproduction wave may be distorted, or a noise which is called Barkhausen noise occurs, and a reproduction error may be caused. And the influence of the stress to the element (MR thin film) which shows the MR effect is mentioned as one of the cause of this. If stress exists, the anisotropy energy  $K_u$  of stress induction will occur, and it influences towards the magnetization in MR thin film, and magnetic properties change, consequently this is considered to cause generating of waveform distortion and a noise, when the magnetostriction constant  $\lambda$  is the film of non-zero ( $\lambda \neq 0$ ). In the case of the stress  $\sigma$  of one shaft, the stress induction magnetic-anisotropy energy  $K_u$  is  $K_u = 3/2 \lambda \sigma$ . (1) It can express.

In the case of the general stress state of three shafts, the difference ( $\sigma_1 - \sigma_2$ ) of the principal stress in a film surface influences, and when it is principal-stress-difference zero ( $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$ ), it is set to  $K_u = 0$ . However, it is one of the causes by which it turns out that principal stress difference has arisen, and this causes waveform distortion and noise generating in MR thin film as a result of the finite element method by 3 dimensional models which simulated an experiment and the compound-die magnetic head.

[0014] The mechanism of principal-stress-difference generating is as follows. Although the compound-die magnetic head is constituted by many thin films, it is the purpose which protects the film which constitutes these heads, and the protective coat is attached. Usually, although this protective coat is thickly attached as compared with other films, it has compressive intrinsic stress. With the intrinsic stress of this compression, the force of bending joins the whole head and the compressive force joins MR film in the direction of thickness. Although MR film tends to expand in the direction perpendicular to the direction of thickness as a result, since the field which faces a record medium is a free surface, in the direction perpendicular to this field, it expands comparatively freely. However, since there is an electrode etc. in the direction parallel to this field, the deformation is restrained and the compressive force commits MR film. Therefore, a difference arises in the stress of a direction perpendicular to the field which faces a record medium, and the stress of a direction parallel to this field, and it becomes principal stress difference.

[0015] The principal stress difference produced in MR thin film is calculable as follows with the intrinsic stress of a protective coat. A protective coat is considered to be a beam with thickness  $h$  like drawing 2, a width of face  $[b]$ , and a length of  $2l$ , and transfer of the force by bending of the beam is considered.  $2l$  is the length of a protective coat of a direction perpendicular to the field which faces a record medium here. Supposing it considers bending at the time of separating this beam from a head and holding to a simple substance and the variation rate of the length direction of a soffit is restrained, the beam with the compressive intrinsic stress  $\sigma$  becomes stress distribution like drawing 3, as shown in drawing 2, will produce bending of the maximum deflection  $d$  and will be in equilibrium. The moment  $M$  required to produce this bending is the formal shell of strength of materials, and  $M = (bh^2/6) |\sigma|$ . It is set to (2). The maximum deflection  $d$  by this moment  $M$  is searched for from the following two formulas.

$M = EI/\rho$  (3)

Here,  $E$  is [ the secondary cross-section moment ( $=bh^3/12$ ) and  $r$  of Young's modulus and  $I$  ] radius of curvatures.

$\Delta = l^2/2\rho$  (4)

In fact, since this bending is restrained with the whole head, the load  $F$  of the thickness direction joins the thin film of MR.  $F$  is the concentrated load  $F$  required to return a deflection  $d$  to 0, and equivalence (the sense is reverse). This is the beam of one end fixation like drawing 4, and is equal to the concentrated load  $F$  to the free end which produces the maximum deflection  $d$ .  $F$  is called for like the following formula.

$$F=(2 EI/13) \delta (5)$$

If it thinks that this F has joined MR thin film, stress  $\sigma_3$  of the thickness direction produced in MR thin film are calculable. It is  $\sigma_3=F/bHMR$ , when width of face (width of recording track) of MR thin film is set to b and length (or MR height) is set to HMR. (6)

It comes out. When stress  $\sigma_1$  added in the direction perpendicular to the field (free surface) which faces a record medium by this operation of  $\sigma_3$  is set to 0, stress  $\sigma_2$  of a direction perpendicular to  $\sigma_1$  and  $\sigma_3$  are  $\sigma_2=\nu\sigma_3$ . (7)

It becomes. However,  $\nu$  is a Poisson's ratio. Here, both  $\sigma_2$  and  $\sigma_3$  are compressive stress, and they take a negative value. (2) It can ask for the principal stress difference produced in MR thin film like the following formula from - (7) formula.

$$\sigma_1-\sigma_2=(h^2/4HMR) \nu|\sigma_3| (8)$$

The place  $\sigma_3$  which surveyed intrinsic stress of compression of a protective coat = they were about 80 MPa(s). Then, in order to estimate more greatly the principal stress difference called for from (8) formulas and to carry out evaluation by the side of safety,  $\sigma_3$  is estimated a little more greatly and it sets up with  $\sigma_3=100\text{MPa}$ . Generally, although an alumina is used for the material of a protective coat, if material is an alumina, there is more than this [ no ] with a bird clapper greatly, and it is desirable.

[0016] The size of a head is set to  $2L=300\text{mm}$  and  $HMR=1\text{mm}$ , and  $h=50\text{mm}$ , then standard record reproducing characteristics are obtained in thickness h of a protective coat. In this case, since Poisson's ratio  $\nu$  of an alumina, then an alumina is  $\nu=0.25$  about a protective coat, it will be set to  $\sigma_1-\sigma_2=104\text{MPa}$  if principal stress difference is calculated from (8) formulas.

[0017] Drawing 11 is the result of measuring the related dV-H property of Output dV and an external magnetic field H, carrying out the load of  $\sigma_1-\sigma_2=245$  and three sorts of principal stress difference of 135 and 0. The hysteresis as shown in drawing has appeared in the dV-H property at the time of  $\sigma_1-\sigma_2=245$  and 135MPa. This hysteresis serves as generating of a waveform distortion, a noise, etc. which lead to the reproduction error of a magnetic-recording signal. Therefore, there is a possibility that waveform distortion, a noise, etc. may occur, with the above-mentioned head in which the principal stress difference of  $\sigma_1-\sigma_2=104\text{MPa}$  near 135MPa exists.

[0018] In order to enable it to disregard the influence of the magnetic properties on principal stress difference, it is necessary to make principal stress difference into an about [  $\sigma_1-\sigma_2<10\text{MPa}$  ] small value, and it is  $\nu|\sigma_3|(h^2/4HMR) <10$ . (9)

It is good to set thickness h of a protective coat as a \*\*\*\*\* grade.

[0019] Drawing 5 shows a magnetic disk unit, and while the thin film magnetic head 23 with which it was equipped so that a record medium 17 might be countered to the record medium 17 which rotates by the spindle motor 16 at the nose of cam of the head support spring 15 driven with a servo 13 and an actuator 14 runs the disk side top of a record medium 17, it performs record of a magnetic signal, and reproduction.

[0020] Record calls the thin film magnetic head using the inductive head performed using the electromagnetic induction of a coil compound-die thin film magnetic head (or compound-die magnetic head) using the magnetoresistance-effect type head which performs reproduction among the thin film magnetic heads using the magnetoresistance effect.

[0021] The appearance of the thin film magnetic head 23 is shown in drawing 6 , and, as for the thin film magnetic head 23, the laminating of many thin films is carried out to the substrate 18 by sputtering etc. The field where the magnetoresistance-effect sensor 19 has appeared calls it a surfacing side below in respect of countering with a record medium 17 and performing record of a magnetic signal, and reproduction. The magnetoresistance-effect type head by which a laminating is carried out in the thin film of a large number which contain the magnetoresistance-effect sensor 19 in the whole surface on a substrate perpendicular to a surfacing side (it is called a head element pattern side below.) is formed, the laminating of the inductive head constituted by carrying out the laminating of the thin film of a large number which contain the up magnetic film 9 in this magnetoresistance-effect type head further is carried out, and the laminating of the protective coat 11 is carried out to this inductive head.

[0022] Head element pattern side appearance is shown in drawing 7 , further, it is shown near the sensor portion in drawing 8 , and an enlarged view is shown for the appearance near the sensor portion of a surfacing side in drawing 9 . drawing 7 -- setting -- a segment -- drawing which expanded the cross section by A-B is drawing 1 The base material 1 of an alumina is formed in the field in which the head element pattern of the substrate 18 of ceramics is formed about 10mm in thickness. The insulator layer 3 of 1-2mm and an alumina to this About 0.5mm, [ the lower shield 2 of nickel system alloy ] the up shield 4 of nickel system alloy -- 2-3mm and the gap film 5 of an alumina -- the coil insulation films 6, 7, and 8 of about 0.5mm and resist material -- 3-4mm of each, and the coil of Cu -- the laminating of the up magnetic film 9 of about 3mm and FeNi is carried out [ 3-4 etc.mm etc. ] for the conductor 12 It is inserted into the

lower shield 2 and the up shield 4, and the magnetoresistance-effect sensor 19 for reproduction which consists of a thin film of several nm, such as NiFe, - 10nm of numbers is formed. The portion pinched by the lower shield 2 and the up shield 4 including the up shield 4, the inductive head for record in the portion pinched by the up magnetic film 9 and the lower shield 2, and the up shield 4 including the up shield 4 and the up magnetic film 9 is a magnetoresistance-effect type head for reproduction. It is formed so that the protective coat 11 of an alumina may fill the above-mentioned (9) formulas to an outermost layer of drum.

[0023] If the size of a head is set to  $2l=300\text{mm}$  and  $\text{HMR}=1\text{mm}$  and a protective coat is used as an alumina If thickness  $h$  of a protective coat is understood [  $15\text{mm}$  or less, then ] are good and protection of magnetic properties and an inductive head is also taken into consideration from (9) It is good to set thickness of a protective coat to 10-20 micrometers, using as 200-300 micrometers length which serves as a perpendicular direction to the field which counters 0.5-1 micrometer and a record medium in the length which serves as a perpendicular direction to the field which counters the record medium of a magnetoresistance-effect sensor.

[0024] Furthermore, less than [  $2l=200\text{mm}$  ] and  $\text{HMR}=0.5\text{mm}$  If it miniaturizes, it is more desirable than (9) formulas to set thickness of a protective coat to about 9mm and 8-10mm.

[0025] Moreover, what is necessary is for the film surface of a protective coat not to be even, and for the place where the thickness of a protective coat is the thickest just to define thickness  $h$  of a protective coat like drawing 10 , when film thickness is not uniform.

[0026]

[Effect of the Invention] Since the length of a magnetoresistance-effect sensor was set to 0.5-1 micrometer according to this invention, the length of a protective coat was set to 200-300 micrometers and the thickness was set to 10-20 micrometers, while protecting a head enough, influence of the magnetic properties on a magnetoresistance-effect type head can be made small, generating of the reproduction error of a magnetic-recording signal, a noise, etc. can be reduced, and reliability can be improved.

[0027] Moreover, since according to this invention the length of a magnetoresistance-effect sensor was considered as 1 micrometer of abbreviation and 300 micrometers of abbreviation and its thickness set the length of a protective coat to 10-20 micrometers, while a sufficiently big output is obtained, an inductive head is protected and influence of the stress to a magnetoresistance-effect type head can be made small.

[0028] Furthermore, since according to this invention the length of the magnetoresistance-effect sensor used as the reproducing head of the compound-die thin film magnetic head is set to 0.5-1 micrometer, the thickness sets a recording head to 9-12 micrometers and 200-300 micrometers and the thickness of those are setting the length of a protective coat to 10-20 micrometers, the magnetic disk unit by which generating of the reproduction error of a magnetic-recording signal, a noise, etc. was reduced is obtained.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

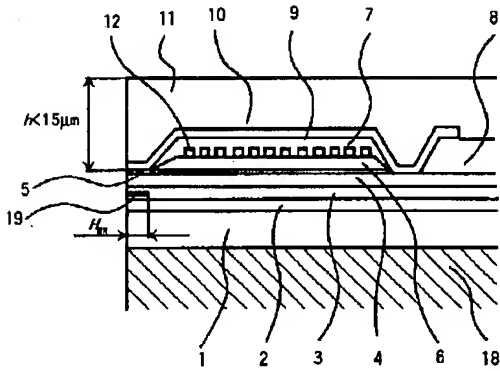
Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

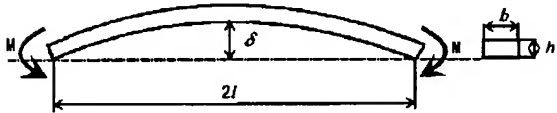
[Drawing 1]

図1



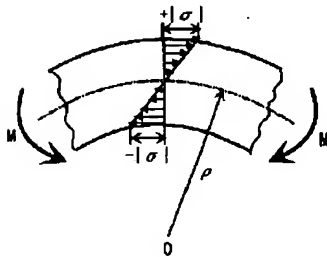
[Drawing 2]

図2



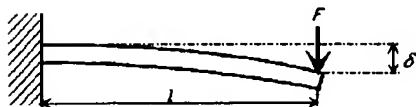
[Drawing 3]

図3



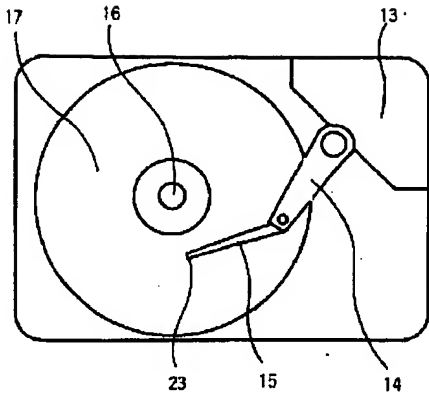
[Drawing 4]

図4



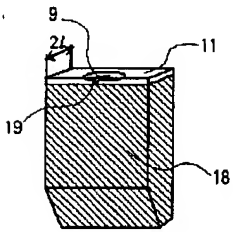
[Drawing 5]

图5



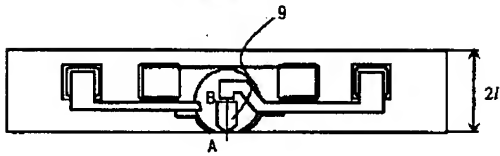
[Drawing 6]

图6



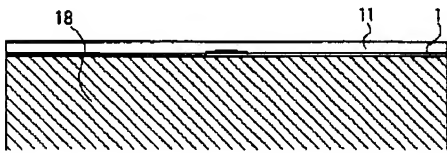
[Drawing 7]

图7



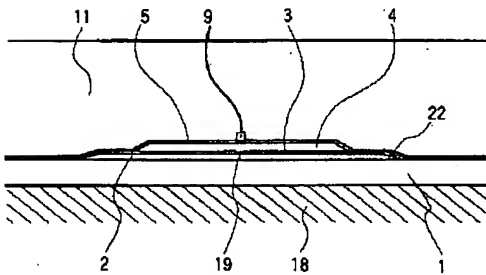
[Drawing 8]

图8



[Drawing 9]

图9



[Drawing 10]

